

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
15. Januar 2004 (15.01.2004)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2004/006366 A2**

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: **H01M 8/00**

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2003/005541

(22) Internationales Anmeldedatum:  
27. Mai 2003 (27.05.2003)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
102 30 783.0 9. Juli 2002 (09.07.2002) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von  
US): DAIMLERCHRYSLER AG [DE/DE]; Epplerstrasse  
225, 70567 Stuttgart (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): KASTRUP, Ul-  
rich [DE/DE]; Unterdorf 10, 72296 Schopfloch (DE).  
SCHRÖTER, Dirk [DE/DE]; Korber Strasse 2/1, 71364  
Winnenden (DE).

(74) Anwälte: KOCHER, Klaus-Peter usw.; DaimlerChrysler  
AG, Intellectual Property Management, IPM - C106, 70546  
Stuttgart (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (national): JP, US.

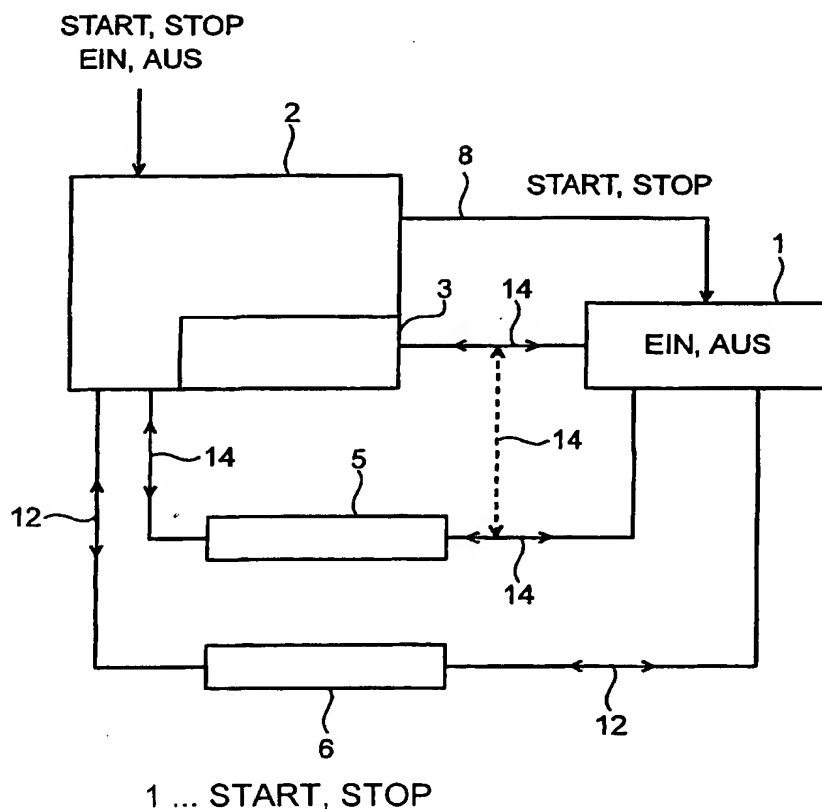
Veröffentlicht:

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu ver-  
öffentlichen nach Erhalt des Berichts

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Ab-  
kürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Co-  
des and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der  
PCT-Gazette verwiesen.

(54) Title: FUEL CELL SYSTEM, USE THEREOF AND METHOD FOR THE OPERATION THEREOF

(54) Bezeichnung: BRENNSTOFFZELLENSYSTEM, SEINE ANWENDUNG UND VERFAHREN ZU SEINEM BETRIEB



(57) Abstract: A fuel cell system and method for the operation thereof in an application device (2), especially in a motor vehicle. The fuel cell system (1) can be operated in a start/stop operational mode according to the energy requirements of at least one device (3) of said application device (2) while said at least one device is in operation.

(57) Zusammenfassung: Brennstoffzellensystem und Verfahren zu dessen Betrieb, bei einer Anwendungsvorrichtung (2), insbesondere bei einem Kraftfahrzeug. Das Brennstoffzellensystem (1) ist in Abhängigkeit vom Energiebedarf von mindestens einer Einrichtung (3) der Anwendungsvorrichtung (2) im Start/Stop-Betrieb betreibbar, während diese eingeschaltet ist.

WO 2004/006366 A2

Brennstoffzellensystem, seine Anwendung und Verfahren zu seinem  
Betrieb

Die Erfindung betrifft ein Brennstoffzellensystem, seine Anwendung und ein Verfahren zu seinem Betrieb gemäß den Patentansprüchen.

Brennstoffzellensysteme und deren Anwendung in Kraftfahrzeugen sind z. B. aus der DE 199 13 794 A1, WO 98/40922 und WO 99/19161 bekannt.

Demgemäß betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Betrieb eines Brennstoffzellensystems, welches mindestens eine Brennstoffzelle und ein peripheres System von peripheren Einrichtungen aufweist, welche zum Betrieb der Brennstoffzelle unerlässlich sind, wobei für den Start des Brennstoffzellensystems elektrische Energie aus einer brennstoffzellensystem-systemexternen Energiequelle bezogen wird, wobei die Bruttoleistung des Brennstoffzellensystems aus seinem systeminternen Energiebedarf für die Durchführung seiner Funktionen und aus dem als Nettoleistungsbedarf bezeichnbaren Leistungsbedarf einer Anwendungsvorrichtung besteht, welche die Energiequelle aufweist, wobei im Normalbetrieb der Nettoleistungsbedarf im Bereich zwischen den Werten von Null, was Leerlaufbetrieb des Brennstoffzellensystems bedeutet, und von größer Null liegt.

Ferner betrifft die Erfindung Kraftfahrzeuge, Schiffe, Stromerzeugungsanlagen, Klimaanlage, Wärme- und/oder Kälteerzeugungsanlagen, welche eine elektrische Energiequelle und ein Brennstoffzellensystem aufweisen, welches gemäß dem Verfahren nach der Erfindung betreibbar ist. Das Brennstoffzellensystem ist

ein Lieferant von nutzbarer elektrischer Energie und/oder von nutzbarer Wärmeenergie, welche jeweils für eine systemexterne Anwendung oder Anwendungsvorrichtung geeignet ist, z. B. für Fahrzeugantriebe, Schiffsantriebe, energieverbrauchende Bord-einrichtungen von Fahrzeugen und Schiffen, Industrieanlagen, Haushalte, Datenverarbeitungsanlagen und Datenkommunikationsanlagen. Auch ein umgekehrter Transfer von Strom und/oder Wärme von den genannten Anlagen, Einrichtungen, Vorrichtungen und Energiequellen zu dem Brennstoffzellensystem ist möglich.

Der Einsatz von Brennstoffzellensystemen beinhaltet neben der eigentlichen Brennstoffzelle (häufig ein oder mehrere Stacks, welche jeweils mehrere Brennstoffzellen enthalten) auch den Betrieb von periphere Aggregaten, die zum Betrieb der Brennstoffzelle unerlässlich sind oder ihn zumindest wesentlich effektiver gestalten. Somit kann zwischen der Bruttoleistung, welche aus dem systeminternen Energiebedarf des Brennstoffzellensystems und dem Bedarf der Anwendungsvorrichtung besteht, und dem Netto-Leistungsbedarf, welches der Bedarf der Anwendungsvorrichtung ist, unterschieden werden. Hieraus ist ersichtlich, dass ein ständiger Energieumsatz im Brennstoffzellensystem auch dann erfolgt, wenn von der Anwendungsvorrichtung keine Leistung bzw. Energie angefordert wird. Die Anwendungsvorrichtung kann aus einem oder mehreren Geräten, Maschinen oder Anlagen bestehen.

Ein besonderes Anwendungsgebiet der Erfindung sind Kraftfahrzeuge, die ein Brennstoffzellensystem aufweisen. Vorzugsweise findet die Erfindung in Kraftfahrzeugen Anwendung, welche keinen Verbrennungsmotor enthalten, sondern nur eine oder mehrere elektrische Maschinen, welche als Elektromotor betriebsbar sind zum Antrieb des Kraftfahrzeuges und welche vorzugsweise alternativ auch als Generator zur Stromerzeugung verwendbar sind, beispielsweise wenn das Kraftfahrzeug ohne Energiezufuhr rollt, z. B. bergab oder zur Reduzierung der Fahrgeschwindigkeit.

Durch die Erfindung soll die Aufgabe gelöst werden, die Benutzung des Brennstoffzellensystems zu optimieren.

Diese Aufgabe wird gemäß der Erfindung durch einen Start/Stopp-Betrieb des Brennstoffzellensystems oder von mindestens einem Teil davon in Abhängigkeit vom Energiebedarf der Anwendung bzw. der Anwendungsvorrichtung gelöst, während die Anwendungsvorrichtung in Betrieb ist.

Demgemäß ist ein Verfahren und dessen Anwendungen gemäß der Erfindung dadurch gekennzeichnet, dass das Brennstoffzellensystem in Abhängigkeit vom Energiebedarf der Anwendungsvorrichtung von Start/Stopp-Signalen der Anwendungsvorrichtung in einem Start/Stopp-Betrieb betrieben wird, wobei durch ein Stopp-Signal von der Anwendungsvorrichtung dem Brennstoffzellensystem signalisiert wird, dass die Anwendungsvorrichtung keinen Energiebedarf aus dem Brennstoffzellensystem hat, und dabei durch dieses Stopp-Signal das periphere System des Brennstoffzellensystems auf einen reduzierten Energiebedarf des Brennstoffzellensystems umgeschaltet wird, welcher niedriger als sein Energieverbrauch im Leerlaufbetrieb ist, und wobei durch ein Start-Signal von der Anwendungsvorrichtung dem Brennstoffzellensystem signalisiert wird, wenn die Wiederherstellung des Normalbetriebes des Brennstoffzellensystems erforderlich ist, und dabei durch dieses Start-Signal der Normalbetrieb des Brennstoffzellensystems wieder hergestellt wird.

Gemäß den Patentansprüchen kann die Erfindung beispielsweise in Kraftfahrzeugen, insbesondere Kraftfahrzeugantrieben, auf Schiffen, insbesondere bei Schiffsantrieben, stationäre oder mobilen Energieerzeugungsanlagen, insbesondere zur Stromerzeugung und/oder zur Wärmeerzeugung angewendet werden. Somit betrifft die Erfindung auch solche Kraftfahrzeuge, Schiffe und Anlagen.

Weitere Merkmale der Erfindung sind in den Unteransprüchen enthalten.

Die Erfindung wird im Folgenden mit Bezug auf die Zeichnungen anhand von bevorzugten Ausführungsformen als Beispiele beschrieben. In den Zeichnungen zeigen

Fig. 1 schematisch eine Anwendungsvorrichtung mit einem Brennstoffzellensystem, welches durch eine elektronische Steuereinrichtung gemäß der Erfindung im Start/Stopp-Betrieb betreibbar ist,

Fig. 2 ein Diagrammschaubild einer möglichen Ausführungsform der Erfindung als Verfahren und/oder als Vorrichtung,

Fig. 3 schematisch ein Kraftfahrzeug, welches gemäß der Erfindung ausgebildet ist.

Die in Fig. 1 gezeigte Vorrichtung nach der Erfindung enthält ein Brennstoffzellensystem 1 als Lieferant von elektrischer Energie 5 und/oder als Lieferant von Wärmeenergie 6 für eine relativ zu diesem Brennstoffzellensystem externe Anwendung oder Anwendungsvorrichtung 2. Die elektrische Energie 5 und/oder die Wärmeenergie 6 sind vorzugsweise in Abhängigkeit vom Betriebszustand der verschiedenen Teile auch in umgekehrter Richtung übertragbar, d. h. von der Anwendungsvorrichtung 2 zum Brennstoffzellensystem 1. Die möglichen Energieübertragungsrichtungen sind in Fig. 1 durch Wärmeenergiepfeile 12 und elektrische Stromenergiepfeile 14 angedeutet. Die Anwendung oder Anwendungsvorrichtung 2 kann eine Vorrichtung oder Anlage von beliebiger Art sein, welche einerseits elektrische Energie oder Wärmeenergie benötigt und andererseits eine Energiequelle 3 zum Starten des Brennstoffzellensystems 1 aufweist. Die Energiequelle 3 kann ein Generator oder vorzugsweise ein wiederaufladbarer Energiespeicher sein (Batterie, Kondensator), welcher von dem Brennstoffzellensystem 1 mit Energie versorgbar ist, wenn das Brennstoffzellensystem 1 nach seinem Startvorgang elektrische Energie und/oder Wärmeenergie abgeben kann.

Die Energiequelle 3 kann selbst die Anwendungsvorrichtung 2 sein oder, wie bei dem Beispiel von Fig. 1 angenommen, ein Teil der Anwendungsvorrichtung 2 sein. Als Beispiel wird hier angenommen, dass die Anwendungsvorrichtung 2 ein Kraftfahrzeug ist.

Für den Start des Brennstoffzellensystems 1, insbesondere von dessen Brennstoffzelle, benötigt es Energie von der Energiequelle 3. Mit dieser Energie aus der Energiequelle 3 werden die Reaktionen der Brennstoffzelle in Gang gesetzt und die Brennstoffzelle auf Betriebstemperatur gebracht.

Das Brennstoffzellensystem 1 enthält eine (nicht gezeigte) Brennstoffquelle zur Zufuhr von Brennstoff zur Brennstoffzelle. Die Brennstoffquelle kann eine Gasflasche sein, welche den Brennstoff enthält, oder ein Brennstofferzeuger, welcher aus einem Ausgangsmaterial den Brennstoff für die Brennstoffzelle erzeugt, beispielsweise Wasserstoff.

Das Brennstoffzellensystem 1 enthält mindestens eine Brennstoffzelle, vorzugsweise jedoch ein oder mehrere Stacks, die jeweils mehrere Brennstoffzellen enthalten, und eine (nicht gezeigte) elektronische Steuereinrichtung. Die Anwendungsvorrichtung 2 enthält vorzugsweise ebenfalls eine elektronische Steuereinrichtung. Die beiden Steuereinrichtungen sind zum Datenaustausch durch einen Datenweg 8 funktionsmäßig oder zu einer Steuereinheit miteinander verbunden.

Gemäß der Erfindung wird das Brennstoffzellensystem in einem Start/Stopp-Betrieb betrieben. Für diesen Start/Stopp-Betrieb signalisiert die Anwendungsvorrichtung 2 dem Brennstoffzellensystem 1 über den Datenweg 8 durch ein Stopp-Signal, wenn die Anwendungsvorrichtung 2 keinen Energiebedarf aus dem Brennstoffzellensystem 1 hat. Durch dieses Stopp-Signal wird das "periphere System" des Brennstoffzellensystems 1 auf einen reduzierten Energiebedarf des Brennstoffzellensystems 1 umgeschaltet, welcher niedriger als sein Energieverbrauch im Leerlaufbetrieb ist.

Das "periphere System" des Brennstoffzellensystems 1 enthält zusätzlich zur Brennstoffzelle (oder Brennstoffzellen-Stack) für den Betrieb der Brennstoffzelle erforderliche Teile wie beispielsweise eine Wasserpumpe, eine Heizvorrichtung und/oder eine Kühlvorrichtung zur Temperierung der Brennstoffzelle des Brennstoffzellensystems 1, einen Kompressor zur Luftzufuhr zur Brennstoffzelle, Elemente zur Zufuhr des Brennstoffes wie beispielsweise Wasserstoff, und eine Brennstoffquelle, z. B. eine Gasflasche oder einen Gaserzeuger.

Wenn die Anwendungsvorrichtung 2 dem Brennstoffzellensystem 1 auf dem Datenweg 8 durch ein Start-Signal signalisiert, dass wieder Energie bereitgestellt werden soll, dann wird durch dieses Start-Signal das Brennstoffzellensystem 1 wieder auf Normalbetrieb umgeschaltet. Dieses Umschalten von Stopp-Betrieb auf Start-Betrieb erfolgt jeweils so rechtzeitig, dass das Brennstoffzellensystem 1 und die Anwendungsvorrichtung 2 nicht mangels Energie funktionsunfähig werden. Das Start-Signal und das Stopp-Signal können von der Anwendungsvorrichtung 2 beispielsweise in Abhängigkeit vom Ladezustand der Energiequelle 3 erzeugbar sein.

Der Start-Stopp-Betrieb erfolgt während die Anwendungsvorrichtung eingeschaltet ist, z. B. in einem Kraftfahrzeug das elektrische Bordnetz eingeschaltet ist. Dadurch bleibt das Fahrzeug auch während der Stopp-Phase vollständig funktionsfähig.

Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung wird das periphere System des Brennstoffzellensystems 1, oder mindestens ein Teil davon, durch das Stopp-Signal abgeschaltet und durch das Start-Signal dann wieder eingeschaltet.

Gemäß einer anderen Ausführungsform der Erfindung wird das periphere System des Brennstoffzellensystems 1, oder mindestens ein Teil davon, durch das Stopp-Signal der Anwendungsvorrichtung 2 nicht vollständig, sondern nur auf einen reduzierte, ü-

ber dem Wert Null gelegenen Energieverbrauch des Brennstoffzellensystems eingestellt.

Damit die Anlaufzeit des Brennstoffzellensystems 1, bis es nach Erhalt des Start-Signals am Ende der Stopp-Phase wieder Nettoenergie für die Anwendungsvorrichtung oder deren Energiespeicher 3 erzeugen kann, nicht eine zu lange Zeitdauer benötigt, wird das Brennstoffzellensystem vorzugsweise auch während einer Stopp-Phase in Abhängigkeit von mindestens einem Betriebsparameter temporär auf Normalbetrieb geschaltet, wenn und solange vorbestimmte Abweichungen von dem betreffenden Betriebsparameter vorliegen. Ein solcher Betriebsparameter ist beispielsweise die Temperatur der Brennstoffzelle und/oder ein vorbestimmter Gasdruck des Brennstoffes für die Brennstoffzelle. Ferner kann der Betriebsparameter ein vorbestimmter Wert der Anwendungsvorrichtung 2 sein, beispielsweise eine bestimmte Temperatur einer Klimaanlage oder ein Restenergiewert der Energiequelle 3.

Vom Prinzip her ist der Start/Stopp-Betrieb manuell schaltbar. Gemäß der bevorzugten Ausführungsform erfolgt er jedoch automatisch.

Fig. 2 zeigt über einer Zeitachse "t" in einer unteren Diagrammlinie 2.1 die Ein-Schaltphase EIN und die Aus-Schaltphase AUS der Anwendungsvorrichtung 2. Darüber befindet sich eine Diagrammlinie 2.2, welche die Start-Signale START und Stopp-Signale STOPP auf dem Datenweg 8 darstellt. Entsprechend diesen Signalen ist in einer dritten Diagrammlinie 2.3 der Ein-Schaltzustand EIN und der Aus-Schaltzustand AUS des Brennstoffzellensystems 1 gezeigt. Eine darüber befindliche vierte Diagrammlinie 2.4 zeigt, dass während den Start-Phasen 14 nach dem Start-Signal von dem Brennstoffzellensystem 1 Nettoleistung zur Verfügung steht, was mit "EIN" bezeichnet ist, und dass während den Stopp-Phasen 12 nach dem Stopp-Signal das Brennstoffzellensystem 1 keine Nettoleistung erzeugen kann, was mit "AUS" bezeichnet ist.

In einer fünften Diagrammlinie 2.5 (Leistungskennlinie) von Fig. 2 ist durch "EIN" und "AUS" und mindestens eine Zwischen-Einschaltphase 16 angegeben, wie während einer Stopp-Phase 12 zwischen zwei aufeinander folgenden Start-Phasen 14 in Abhängigkeit von einem oder mehreren Betriebsparametern das Brennstoffzellensystem 1 temporär einmal oder mehrmals auf Normalbetrieb zur Abgabe von Nettoleistung einschaltbar sein kann, falls dies erforderlich ist, um das Brennstoffzellensystem 1 und/oder die Anwendungsvorrichtung 2 durch ausreichende Energiebereitstellung auch während einer Stopp-Phase funktionsfähig zu halten. Darüber befindet sich eine sechste Diagrammlinie 2.6, welches die Start- und Stopp-Signale der Anwendungsvorrichtung 2 an das Brennstoffzellensystem 2 angibt für die Leistung gemäß der fünften Diagrammkurve 2.5. Vorzugsweise sind die Start- und Stopp-Signale für den Start-Stopp-Betrieb, welche deren Phasen 12 und 14 ergeben, unabhängig von Zwischenstart- und Zwischenstopp-Signalen, welche deren Zwischen-Einschaltphase 16 ergeben.

Fig. 3 zeigt schematisch ein Kraftfahrzeug 2 als Anwendungsvorrichtung mit einem Brennstoffzellensystem 1 und mit mindestens einer elektrischen Maschine 22, welche von dem Brennstoffzellensystem 1 elektrische Energie entnehmen kann zum Antrieb des Kraftfahrzeuges. Ferner zeigt Fig. 3 einen Energiespeicher 3 als Energiequelle, beispielsweise eine Batterie, und eine weitere, Strom- und/oder Wärmeenergie von dem Brennstoffzellensystem 1 beziehende Einrichtung 24, beispielsweise eine Klimaanlage, Heizung, Radio- und/oder Navigationsanlage des Kraftfahrzeuges 2. Die elektrische Maschine 22 ist vorzugsweise wahlweise als Elektromotor oder, z. B. angetrieben von Fahrzeugrädern 26, als Generator zur Stromerzeugung betreibbar. Die elektrische Maschine 22, das Brennstoffzellensystem 1, die mindestens eine Bordeinrichtung 24 und die Energiequelle 3 sind durch eine elektrische Schaltung 28 funktionsmäßig miteinander verbunden. Je nach Ausführungsform dieser elektrischen Schaltung 28 geht der elektrische Energiefluß entweder direkt zwischen dem Brennstoffzellensystem 1 und Verbrauchern wie z. B. der elektrischen

Maschine 22 und der Einrichtung 24, oder vorzugsweise jeweils indirekt durch Zwischenspeicherung in der Energiequelle 3. Die Energiequelle 3 liefert elektrischen Strom zum Starten des Brennstoffzellensystems 1 und bezieht nach dem Startvorgang elektrischen Strom aus dem Brennstoffzellensystem 1. Durch Einschalten oder Ausschalten eines elektrischen Bordnetzes 30 kann das Kraftfahrzeug von einem Fahrer in einen fahrbereiten Zustand oder in einen Parkzustand geschaltet werden. Nach dem Einschalten des Bordnetzes 30 ist das Brennstoffzellensystem 1 im Start/Stop-Betrieb betreibbar. Die Schaltung 28 enthält einen Schaltungsteil 32 zur Erzeugung der Start- und Stopp-Signale für den Start-Stop-Betrieb des Brennstoffzellensystems 1.

Die Erfindung ist nicht auf Kraftfahrzeuge beschränkt, welche bei eingeschaltetem elektrischen Bordnetz temporär keine Energie von dem Brennstoffzellensystem 1 benötigen, sondern auch auf andere Anwendungsvorrichtungen anwendbar, welche temporär keine Energie von dem Brennstoffzellensystem 1 benötigen und deshalb das Brennstoffzellensystem bedarfsabhängig steuern können. Solche Anwendungen sind beispielsweise auch Schiffe und Anlagen zur Erzeugung von Strom und/oder von Wärme, z. B. in Fahrzeugen, auf Schiffen, oder für Wohngebäude und/oder für Fabriken. Bei Schiffen kann die elektrische Maschine 22 ein Schiffsantriebsmotor sein.

Im folgenden werden weitere Varianten und Anwendungsmöglichkeiten der Erfindung beschrieben.

Der Start/Stop-Betrieb erfolgt automatisch in Abhängigkeit von der übergeordneten Anwendungsvorrichtung 2. Hierbei handelt es sich nicht um einen Abschaltvorgang für die übergeordnete Anwendungsvorrichtung 2. Die Start/Stop-Funktion kann bei Kraftfahrzeugen beispielsweise bei langen Abfahrten oder bei Fahrzeugstillstand vor einer Verkehrsampel auf Stopp-Betrieb geschaltet werden, und/oder für Heizsysteme und Klimaanlage bei Erreichen einer vorbestimmten Temperatur, und/oder für die e-

lektrische Energiequelle 3 bei Erreichen eines vorbestimmten Ladezustandes auf Stopp-Betrieb geschaltet werden. Nach Wegfall dieser Bedingungen wird automatisch wieder auf Start-Betrieb umgeschaltet.

Im Normalbetrieb ist die Nettogleistung, welche die Anwendungsvorrichtung 2 der Brennstoffzelle des Brennstoffzellensystem 1 entnimmt, größer oder gleiche dem Wert Null. Der Wert Null bedeutet Systemleerlauf des Brennstoffzellensystems 1, wobei das System sofort in der Lage ist, bei Bedarf Nettogleistung an die Anwendung bzw. die Anwendungsvorrichtung 2 abzugeben. Als Nettogleistung wird hier der Energiebedarf der Anwendungsvorrichtung 2 bezeichnet, wobei hier die Energiequelle 3 als Teil der Anwendungsvorrichtung 2 betrachtet wird. Zu unterscheiden hiervon ist die Bruttogleistung der Brennstoffzelle, welches die Kombination aus systeminternem Energiebedarf der Brennstoffzelle plus dem Nettogleistungsbedarf der Anwendungsvorrichtung 2 ist.

Die Anwendungsvorrichtung 2 signalisiert dem Brennstoffzellensystem 1 durch ein Start-Signal auf dem Signalweg 8 (elektrisch, optisch, mechanisch oder magnetisch), dass "Energiebedarf" besteht. Unabhängig davon kann die Funktionalität der Anwendungsvorrichtung 2 weiterhin verfügbar sein, z. B. Fahren des Kraftfahrzeuges durch Energieentnahme aus dem Energiespeicher 3. Somit ist ein rein elektrischer Antrieb des Kraftfahrzeuges durch eine oder mehrere elektrische Maschinen 22 möglich.

Das periphere System der Brennstoffzelle (Stack oder Stacks), welches zum Brennstoffzellensystem 1 gehört und beispielsweise eine Gasverdichtungseinheit, Gebläse, Lüfter, Pumpen, Schaltventile und weitere Elemente enthalten kann, wird durch das Stopp-Signal abgeschaltet oder in weiten Teilen auf einem Minimum-Energiebedarf der Brennstoffzelle betrieben, so dass deren Energieverbrauch unter dem Bedarf bei System-Leerlauf liegt, und somit nicht in der Lage ist, auf Anforderung sofort (bei-

spielsweise = 0,1 sec) Nettogleistung abzugeben. Der Brennstofffluss des Brennstoffzellensystems ist auf ein Minimum (Idealfall gleich Null) begrenzt.

Die Wiederherstellung der Betriebsbereitschaft des Brennstoffzellensystems 1 erfolgt mittels des Start-Signals auf dem Signalweg 8. Danach werden die peripheren Systemteile des Brennstoffzellensystems wieder so betrieben, dass das Brennstoffzellensystem 1 sich im Leerlauf befindet und Nettogleistung an die Anwendungsvorrichtung 2 abgeben kann.

Durch Auswertung von einem oder mehreren Systemparametern, z. B. Temperaturen und/oder Ladezustand eines Energiespeichers wie beispielsweise des Energiespeichers 3 der Anwendungsvorrichtung 2, kann mittels automatisch ablaufender Systemalgorithmen sicher gestellt werden, dass sich das Brennstoffzellensystem 1 immer im Bereich der Betriebsparameter befindet. Ein Beispiel hierzu ist in Fig. 2 durch den EIN-Zustand des Brennstoffzellensystems 1 im Kurvenabschnitt 16 der fünften Diagrammkurve 2.5 dargestellt.

Ferner wird durch den Start/Stopp-Betrieb des Brennstoffzellensystems 1 eine Optimierung des Flüssigkeitshaushaltes dieses Brennstoffzellensystems ermöglicht, da im Stopp-Zustand keine oder nur minimale Stoffumsetzungen der Reaktionsgase des Brennstoffzellensystems stattfinden.

Die Erfindung kann entweder derart ausgeführt werden, dass eine Steuereinrichtung des Brennstoffzellensystems 1 während der gesamten Stopp-Phase mit der Anwendungsvorrichtung 2 kommuniziert, oder derart, dass die Steuerung des Brennstoffzellensystems 1 von der Anwendungsvorrichtung jeweils "geweckt" werden muss. Ein Beispiel hierfür zeigt die Signalkonfiguration von Fig. 2.

Ein Stopp/Start, d. h. das Starten einer Start-Phase nach einer Stopp-Phase des Start/Stopp-Betriebes des Brennstoffzellensys-

tems 1 ist in analoger Weise wie der Stopp-Vorgang möglich, je nach Bezugskriterium für den Beginn des Vorganges. Das Bezugskriterium für das Auslösen eines Start-Signales durch die Anwendungsvorrichtung 2 kann beispielsweise ein Abfallen der Ladekapazität der Energiequelle 3 oder das Abweichen von einem Betriebsparameter des Brennstoffzellensystems 1 sein, beispielsweise das Abweichen der Temperatur der Brennstoffzelle von einem vorbestimmten Betriebsparameter.

Die Erfindung hat insbesondere folgende Vorteile:

Optimierung des Energieverbrauches des Brennstoffzellensystems 1 durch den Start/Stopp-Betrieb.

Optimierung des Flüssigkeitshaushaltes des Brennstoffzellensystems durch den Start/Stopp-Betrieb.

Aufrechterhaltung der Betriebsfähigkeit des Brennstoffzellensystems im Stopp-Status durch bedarfsabhängige Betriebsphasen desselben (entsprechend Einschaltphase 16 auf der Diagrammkurve 2.5 von Fig. 2).

Neustart des Brennstoffzellensystems nach einer Stopp-Phase durch extern bereitgestellte Energie bis zur Selbstversorgung des Brennstoffzellensystems.

Die Betriebsfreigabe und Funktionsfähigkeit einer oder mehrerer übergeordneter Anwendungen oder Anwendungsvorrichtungen 2 ist bei dem Start/Stopp-Betrieb nicht beeinträchtigt.

Systemkomponenten (z. B. Brennstoffzelle oder Brennstoffzellen-Stack, Brennstoffquelle in Form einer Flasche oder eines Tanks oder eines Gaserzeugers, Medienfördermittel wie beispielsweise Förderpumpen, Steuerungseinrichtungen und Überwachungseinrichtungen) des Brennstoffzellensystems 1 können abgeschaltet, auf Stand-by oder in Betrieb sein, während eine übergeordnete Anwendung oder Anwendungsvorrichtung 2 sich in Betrieb befindet.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung werden in dem Stopp-Betrieb des Brennstoffzellensystems die Betriebsmedien (beispielsweise Brennstoff und Sauerstoff) abgeschaltet, während die Temperatur des Brennstoffzellensystems in einem vorbestimmten Betriebsbereich, der einen schnellen Start des

Brennstoffzellensystems ermöglicht, gehalten wird. Auf diese Weise wird ein Leerlaufbetrieb vermieden, in welchem beispielsweise der Flüssigkeitshaushalt des Brennstoffzellensystems und definierte Strömungsverhältnisse der Betriebsmedien nur schwer einstellbar sind.

Die ausreichende Temperierung des Brennstoffzellensystems für einen schnellen Start kann je nach dessen Wärmekapazität und Wärmeisolation bei kurzen Stopp-Phasen ohne aktive Temperierung gewährleistet sein. Bei längeren Stopp-Phasen erfolgt vorzugsweise eine aktive Temperierung beispielsweise durch einen Start des Brennstoffzellensystems oder durch eine externe Temperierungsvorrichtung.

Das Abschalten der Betriebsmedien kann beispielsweise durch Ventile und/oder durch Abschalten der Fördereinrichtungen für die Betriebsmedien erfolgen.

Durch die Erfindung wird ein gut regelbarer und energiesparender Betrieb des Brennstoffzellensystems erreicht.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betrieb eines Brennstoffzellensystems (1), welches mindestens eine Brennstoffzelle und ein peripheres System von peripheren Einrichtungen aufweist, welche zum Betrieb der Brennstoffzelle unerlässlich sind, wobei für den Start des Brennstoffzellensystems (1) elektrische Energie aus einer brennstoffzellensystem-systemexternen Energiequelle (3) bezogen wird, wobei die Bruttoleistung des Brennstoffzellensystems (1) aus seinem systeminternen Energiebedarf für die Durchführung seiner Funktionen und aus dem als Nettoleistungsbedarf bezeichnbaren Leistungsbedarf einer Anwendungsvorrichtung (2) besteht, welche die Energiequelle (3) aufweist, wobei im Normalbetrieb der Nettoleistungsbedarf im Bereich zwischen den Werten von Null, was Leerlaufbetrieb des Brennstoffzellensystems bedeutet, und von größer Null liegt, dadurch gekennzeichnet, dass das Brennstoffzellensystem (1) in Abhängigkeit vom Energiebedarf der Anwendungsvorrichtung (2) von Start/Stopp-Signalen der Anwendungsvorrichtung in einem Start/Stopp-Betrieb betrieben wird, wobei durch ein Stopp-Signal von der Anwendungsvorrichtung dem Brennstoffzellensystem (1) signalisiert wird, dass die Anwendungsvorrichtung (2) keinen Energiebedarf aus dem Brennstoffzellensystem (1) hat, und dabei durch dieses Stopp-Signal das periphere System des Brennstoffzellensystems auf einen reduzierten Energiebedarf des Brennstoffzellensystems umgeschaltet wird, welcher niedriger als sein E-

nergieverbrauch im Leerlaufbetrieb ist, und wobei durch ein Start-Signal von der Anwendungsvorrichtung (2) dem Brennstoffzellensystem (1) signalisiert wird, wenn die Wiederherstellung des Normalbetriebes des Brennstoffzellensystems (1) erforderlich ist, und dabei durch dieses Start-Signal der Normalbetrieb des Brennstoffzellensystems (1) wieder hergestellt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Brennstoffzellensystem (1), oder mindestens ein Teil davon, durch das Stopp-Signal der Anwendungsvorrichtung (2) abgeschaltet und durch das Start-Signal dann wieder eingeschaltet wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Brennstoffzellensystem (1), oder mindestens ein Teil davon, durch das Stopp-Signal der Anwendungsvorrichtung (2) auf einen reduzierten, jedoch über dem Wert Null gelegenen Energieverbrauch des Brennstoffzellensystems eingestellt wird.
4. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Brennstoffzellensystem (1) in Abhängigkeit von mindestens einem Betriebsparameter auch während einer Start/Stopp-Phase automatisch auf Normalbetrieb geschaltet wird, wenn und solange der Betriebsparameter von einem vorbestimmten Wert abweicht.
5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet,

dass der mindestens eine Betriebsparameter die Temperatur von mindestens einem Teil des Brennstoffzellensystems (1) ist.

6. Verfahren nach Anspruch 4 oder 5,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass der mindestens eine Betriebsparameter der Ladezustand der elektrischen Energiequelle (3) ist, mit welcher das Brennstoffzellensystem (1) zum Energietransfer verbunden oder verbindbar ist.
7. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass der Start/Stop-Betrieb automatisch erfolgt.
8. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Anwendungsvorrichtung (2) ein Kraftfahrzeug ist, welches eine elektrische Energiequelle (3) und ein Brennstoffzellensystem (1) aufweist, wobei das Stopp-Signal für den Start/Stop-Betrieb erzeugbar ist, wenn das Kraftfahrzeug (2) temporär keinen Energiebedarf von dem Brennstoffzellensystem (1) hat, während ein elektrisches Bordnetz des Kraftfahrzeuges eingeschaltet ist, und dass das Start-Signal erzeugbar und dadurch das Brennstoffzellensystem wieder auf Normalbetrieb schaltbar ist, wenn das Kraftfahrzeug von dem Brennstoffzellensystem (1) wieder Energiebedarf hat.
9. Verfahren nach Anspruch 8,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass das Stopp-Signal für den Start/Stop-Betrieb erzeugt

wird, wenn mindestens eine der folgenden Situationen gegeben ist: das Kraftfahrzeug rollt ohne Antriebsenergie zu erzeugen, z. B. auf einer langen Abfahrt, das Kraftfahrzeug hält temporär an, ohne dass das elektrische Bordnetz ausgeschaltet wird, z. B. vor einer Ampel, oder die Energiequelle (3) hat eine vorbestimmte Höchstenergiemenge gespeichert; und dass nach Wegfall dieser Bedingung das Start-Signal automatisch erzeugt wird, sofern zu diesem Zeitpunkt das elektrische Bordnetz noch eingeschaltet ist.

10. Kraftfahrzeug, enthaltend eine elektrische Energiequelle (3) und ein Brennstoffzellensystem (1), welches mit Energie aus der Energiequelle (3) startbar ist, dadurch gekennzeichnet, dass das Brennstoffzellensystem (1) gemäß dem Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche in Abhängigkeit von Start-Signalen und Stopp-Signalen im Start/Stopp-Betrieb betreibbar ist, während ein elektrisches Bordnetz eingeschaltet ist.
11. Schiff, enthaltend eine Energiequelle (3) und ein Brennstoffzellensystem (1), das mit Energie aus der Energiequelle (3) startbar ist, dadurch gekennzeichnet, dass das Brennstoffzellensystem (1) gemäß dem Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 7 in Abhängigkeit von Start-Signalen und Stopp-Signalen im Start/Stopp-Betrieb betreibbar ist, während ein elektrisches Bordnetz eingeschaltet ist.
12. Energiekraftwerk, enthaltend eine Energiequelle (3) und ein Brennstoffzellensystem (1), welches mit Energie aus der Energiequelle (3) startbar ist,

dadurch gekennzeichnet,  
dass das Brennstoffzellensystem (1) gemäß dem Verfahren  
nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 7 in Abhängig-  
keit von Start-Signalen und Stopp-Signalen im  
Start/Stopp-Betrieb betreibbar ist.

1/2

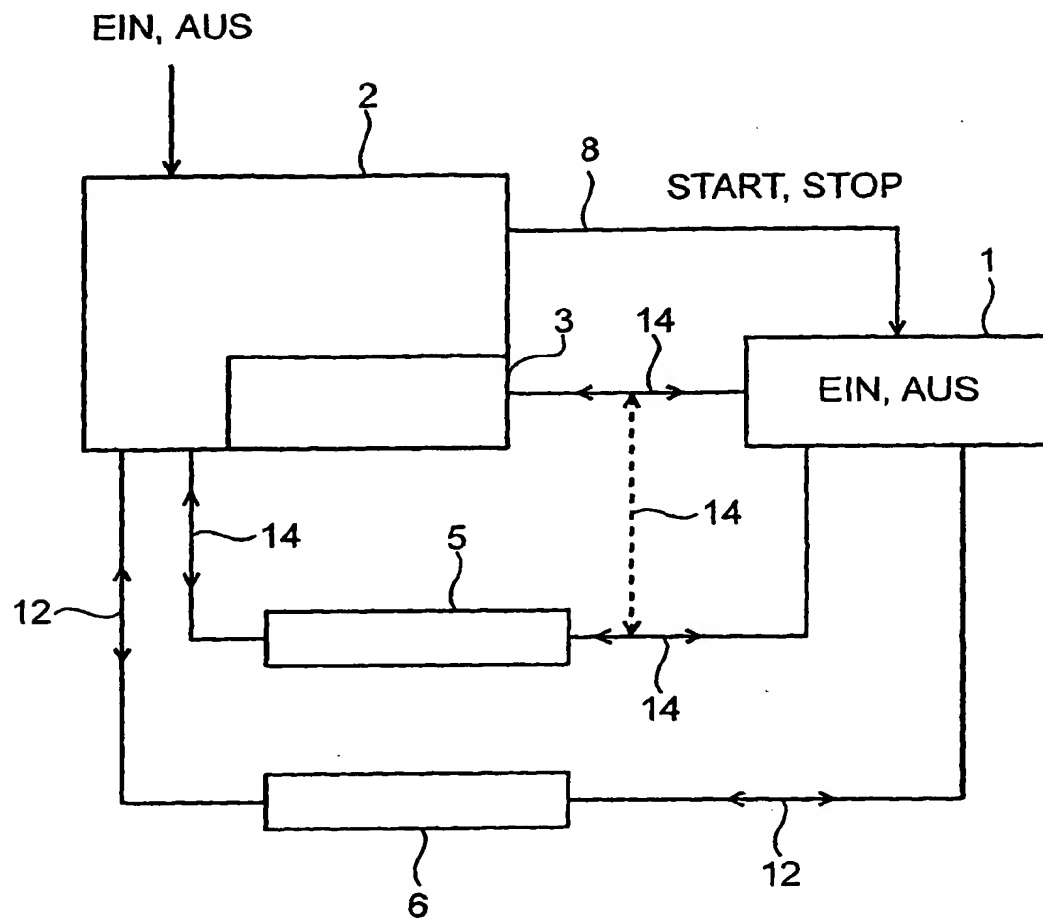


Fig. 1

2/2

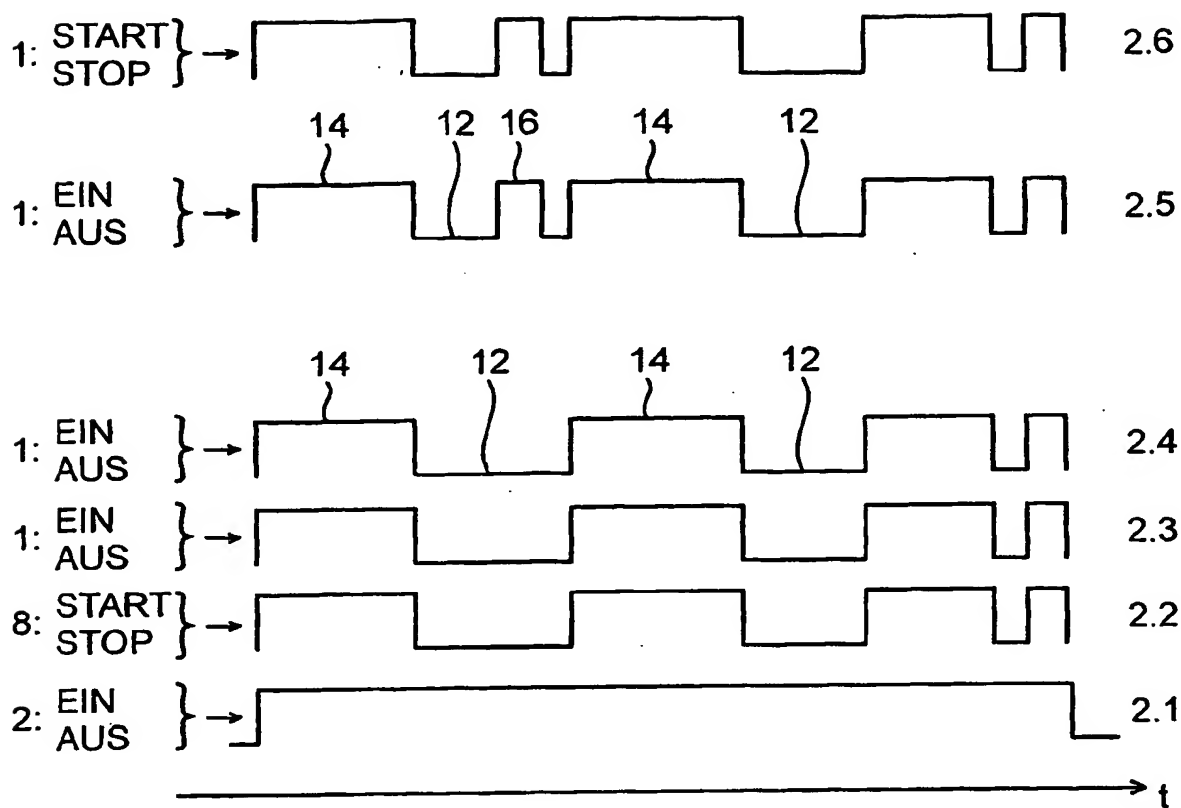


Fig. 2

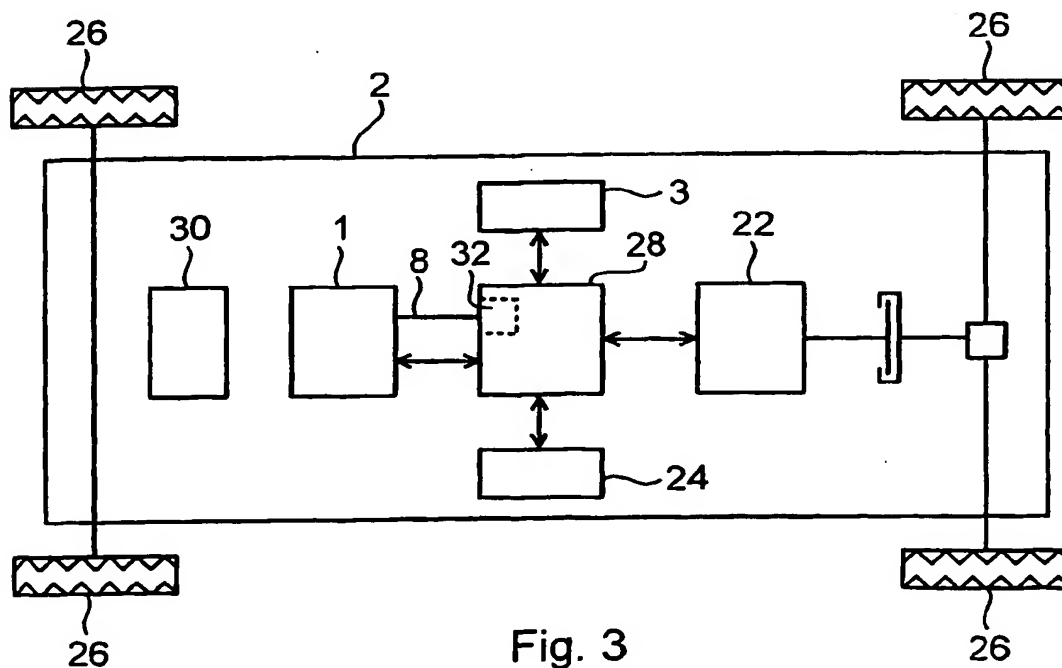


Fig. 3